



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Stavební fakulta

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Administrativní budova

Administrative building

Diplomová práce

Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb
Vedoucí práce: Ing. Robert Jára

Bc. Petr Janouch

Praha 2018



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Janouch Jméno: Petr Osobní číslo: 410770
Zadávající katedra: Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Administrativní budova
Název diplomové práce anglicky: Administrative building

Pokyny pro vypracování:

Statický výpočet nosné konstrukce a vybraných detailů, technická zpráva a výkresová dokumentace.

Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Robert Jára

Datum zadání diplomové práce: 21.2.2018

Termín odevzdání diplomové práce: 20.5.2018

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

21.2.2018

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Bc. Petr Janouch

Název diplomové práce: Administrativní budova

Základní část: Návrh a posouzení nosné konstrukce těžkého skeletu podíl: 80 %

Formulace úkolů: Statický výpočet nosné konstrukce a vybraných detailů, technická zpráva, výkresová dokumentace.

Podpis vedoucího DP: 

Datum: 12.3.2018

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: Založení objektu podíl: 10 %

Konzultant (jméno, katedra): Ing. Jan Salák, CSc., K135

Formulace úkolů: Návrh založení administrativní budovy na základové desce, včetně návrhu vyztužení a ověření protlačení.

Podpis konzultanta: 

Datum: 4.4.2018

3. Část: Požárně bezpečnostní řešení podíl: 10 %

Konzultant (jméno, katedra): Ing. Malila Noori, Ph.D., K124

Formulace úkolů: Zpráva o možném konceptu požárně bezpečnostního řešení administrativní budovy.

Podpis konzultanta: 

Datum: 12.4.2018

4. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta:

Datum:

Poznámka:

Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci. (Vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1.stranou zadání již ve 2.týdnu semestru)



Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 18.5.2018

.....

podpis autora



Poděkování:

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce, panu Ing. Robertu Járovi, za jeho čas a trpělivost při konzultacích. Za poskytnutí cenných rad a informací při vypracování mé diplomové práce.

Dále bych chtěl poděkovat konzultantům, panu Ing. Janu Salákovi CSc. a Malile Noori, Ph.D., rovněž za jejich poskytnutý čas, trpělivost a cenné rady při zpracování diplomové práce

Na závěr bych rád poděkoval svým rodičům a přátelům, kteří mě podporovali nejen při vypracování diplomové práce, ale během celého studia.

V Praze dne 18.5.2018

Bc. Petr Janouch

.....

podpis autora



ABSTRAKT :

V diplomové práci se autor zabývá dvěma alternativními návrhy nosné konstrukce administrativní budovy a konceptem požárně bezpečnostního řešení. Alternativy návrhu se liší typem použité stropní konstrukce. Cílem této práce je návrh a posouzení hlavních nosných konstrukcí těžkého dřevěného skeletu, stropních konstrukcí a základové konstrukce. K tomu patří i návrh a posouzení vybraných spojů dřevěné konstrukce. Při výpočtech vnitřních sil těžkého dřevěného skeletu byl použit jednak výpočetní program i ruční výpočet pro ověření správnosti modelu. To samé platí i o vnitřních silách na stropních konstrukcích. Hodnoty vnitřních sil vypočtené ručním způsobem a výpočetním programem se příliš neliší. Návrh a posouzení nosných prvků a vybraných spojů proběhl ručně v programu Excel. Jedna varianta stropní konstrukce byla řešena pomocí softwaru a následně ověřena ručním výpočtem. Ověření výsledků z výpočetních programů, které se zabývají výpočtem vnitřních sil, nebo přímo navrhováním a posuzováním průřezů, je pro správný návrh konstrukcí nezbytné.

KLÍČOVÁ SLOVA :

administrativní budova, dřevobetonová spřažená deska, lepené lamelové dřevo, CLT panel, těžký dřevěný skelet, prostorová tuhost, výpočetní model, ruční výpočet, vnitřní síly, kombinace zatížení, svar, mezní stav únosnosti, mezní stav použitelnosti, výpočet prvků při požáru



ABSTRACT :

In this diploma thesis, the author deals with two alternative designs of the supporting structure of the administrative building and the concept of a fire safety. Design alternatives differ in the types of a ceiling that were used. The aim of this thesis is to design and assess the main supporting structures of a heavy wooden skeleton, ceiling structures and foundation structures. This includes the design and assessment of selected joints of the wooden structure. While calculating the internal forces of a heavy wooden skeleton, both the program and the manual calculation were used to verify the accuracy of the model. The same is true of internal forces acting on ceiling structures. Internal force values that were calculated manually and the values obtained by using a program do not significantly differ. The design and assessment of the supporting elements and selected joints was performed manually by using MS Excel. One variant of the ceiling construction was obtained by a program and subsequently verified by manual calculation. Validation of results obtained from programs that were used to calculate the internal forces, or those used directly to design and assess the cross-sections, is necessary for a proper design of structures.

KEYWORDS :

administrative building, timber-concrete composite slab, glue laminated timber, CLT panel, heavy timber frame, space rigidity, computational model, manual calculation, internal forces, load combination, weld, ultimate limit state, serviceability limit state, calculation of elements in case of fire



Obsah

1. Úvod.....	9
2. Cíle práce	9
3. Technická zpráva	11
3.1 Popis objektu – stavební řešení.....	11
3.2 Konstruktivní řešení	11
3.3 Spodní stavba.....	12
3.3.1 Základová půda.....	12
3.4 Základová konstrukce	13
3.5 Svislé konstrukce	13
3.5.1 1.PP.....	13
3.5.2 1.NP – 7.NP	13
3.6 Vodorovné konstrukce.....	13
3.6.1 1.PP.....	13
3.6.2 1.NP – 7.NP	14
3.7 Zajištění prostorové tuhosti objektu.....	14
3.8 Spoje.....	14
3.9 Vertikální komunikace	15
3.10 Materiály použité na nosné konstrukce	15
3.10.1 Varianta I – dřevobetonová spřažená deska	15
3.10.2 Varianta II – CLT panely	16
3.11 Zatížení	16
3.11.1 Stálé zatížení.....	16
3.11.2 Proměnné zatížení - užitné	16
3.11.3 Proměnné zatížení – sníh.....	16
3.11.4 Proměnné zatížení - vítr.....	16
3.11.5 Dynamické zatížení	16
3.11.6 Zatížení teplotou.....	16
3.12 Obvodový plášť, příčky, skladba podlahy a střechy	17
3.12.1 Obvodový plášť.....	17
3.12.2 Příčky	17
3.12.3 Skladby podlah	17
3.12.4 Skladba střechy.....	17
4. Montážní postup těžkého dřevěného skeletu	18
5. Závěr.....	19
6. Seznam použitých zdrojů.....	21
7. Použité programy	23
8. Seznam použitých zkratk a symbolů	23
9. Seznam příloh	24



1. Úvod

Diplomová práce se zabývá především projektem nosné konstrukce administrativní budovy. Podrobněji řeší návrh a posouzení svrchní části stavby (nadzemní části). Návrh nosné konstrukce horní stavby je řešen dvěma alternativními návrhy. Základem obou variant je těžký dřevěný skelet z lepeného lamelového dřeva doplněný o ztužující železobetonové jádro. Dále podzemní část stavby je pro oba návrhy rovněž totožná. Jedná se o černou monolitickou železobetonovou vanu. Jednotlivé alternativy návrhu se tedy liší typem použité stropní konstrukce. V první variantě je stropní konstrukce řešena pomocí spřažených prefabrikovaných dřevobetonových stropních desek (dílců). V druhé variantě je stropní konstrukce řešena pomocí CLT panelů. Návrh a posouzení jednotlivých nosných prvků je řešen ručním výpočtem i výpočtem pomocí výpočetních programů. Návrh nosné konstrukce administrativní budovy obsahuje návrh a posouzení hlavních nosných prvků, vybraných spojů, návrh a posouzení základové konstrukce. Dále je v diplomové práci řešen možný koncept požárně bezpečnostního řešení. Vybrané části konstrukce jsem doplnil o výkresovou dokumentaci.

V rámci zadání byla převzata dispozice objektu z administrativní budovy GLASSEXPERS v Plzni. Za účelem stanovení zatížení sněhem a větrem je v diplomové práci uvažované místo výstavby Plzeň. V rámci návrhu založení administrativní budovy byly geologické podmínky stanoveny po konzultaci s panem Ing. Janem Salákem CSc.

2. Cíle práce

Hlavním cílem práce je návrh a posouzení hlavních nosných prvků administrativní budovy a jejich spojů. Konstrukce 1.PP, které jsou z monolitického železobetonu, jsou stanoveny pouze empiricky. Hlavním faktem, se kterým se bylo potřeba vyrovnat, je, že administrativní budova, která je řešena v diplomové práci, má celkem 7 NP. Výška budovy, myšleno části, kde nosnou konstrukcí je těžký dřevěný skelet, je pro variantu I, kde je stropní konstrukce řešena pomocí spřažené dřevobetonové desky, 26,8 m a pro variantu II, kde je stropní konstrukce řešena pomocí CLT panelů, 28,13 m. Výška budovy představuje pro stavbu ze dřeva několik zásadních problémů. Jedná se především o zajištění dostatečné prostorové tuhosti konstrukce a dále síly, které se objevují v některých prvcích těžkého dřevěného skeletu, nejsou zcela standardní. Jde o jejich velikosti. Tyto nestandardní síly nemají až takový vliv na návrh rozměrů nosných prvků konstrukce, větší problém nastává u spojů. Další problém, který má výška budovy za následek, je u požárně bezpečnostního řešení stavby. Takováto budova má z požárního hlediska hořlavý konstrukční systém a ten má svoji přísná výšková omezení. Výška administrativní budovy byla již na začátku práce zcela záměrně



překročena nad rámec norem ČSN 7308xx, aby byla získána budova s nestandardními podmínkami.

Pro výpočet vnitřních sil byl použit výpočetní program Scia Engineer. Výsledky z výpočetního programu byly částečně ověřeny s výsledky z ručních výpočtů, aby se prokázala správnost výpočetního modelu. Pro návrh CLT panelu byl využit program CLT designer, ve kterém byl navržen stropní a střešní panel. Výsledky z programu byly rovněž ověřeny ručním výpočtem. Nosné prvky konstrukce a vybrané spoje jsou posouzeny na mezní stav únosnosti. U nosníků je ještě posouzen mezní stav použitelnosti. Prvky, které budou vystaveny účinkům požáru, jsou ověřeny na tento typ namáhání. Celý návrh a posouzení nosných prvků a vybraných spojů byl zpracován v programu Excel. Při výpočtech jsem se řídil normami, které jsou uvedeny v seznamu použité literatury.



3. Technická zpráva

V technické zprávě jsou popsány obecné informace o budově, nosném konstrukčním systému, použitých materiálech, skladeb konstrukcí a uvažovaném zatížení.

3.1 Popis objektu – stavební řešení

Jedná se o administrativní budovu obdélníkového půdorysu s plochou střechou o celkovém počtu osmi podlaží (sedm nadzemních a jedno podzemní podlaží). Celkové půdorysné rozměry objektu jsou 48,44 x 24,44 m. Konstrukční výška podlaží pro variantu I., kde stropní konstrukce je řešena pomocí sprážených dřevobetonových desek, činí 3,7 m. Pro variantu II, kdy je stropní konstrukce řešena pomocí CLT panelů, činí 3,89 m. Celková výška objektu pro variantu I činí 26,8 m a pro variantu II je výška budovy 28,13 m. Podzemní podlaží slouží především pro technické vybavení budovy a pro skladovací účely. Nadzemní podlaží jsou využita především jako prostory pro kanceláře, zasedací místnosti a prostory pro hygienické zázemí. Plochá střecha objektu je uvažována jako nepochozí. Vertikální komunikaci zajišťuje vnitřní schodiště, které je umístěno v železobetonovém jádře, a výtah, který je umístěn rovněž v železobetonovém jádře. Venkovní schodiště slouží pro únik osob z budovy při požáru.

3.2 Konstrukční řešení

Spodní stavba objektu je řešena pro obě varianty z monolitického železobetonu. Spodní stavbou je myšleno 1.PP. Konstrukci tvoří základová deska, která spolu se suterénními stěnami tvoří tzv. černou vanu. Dále je konstrukce doplněna o sloupy a ztužující jádro, které jde od 1.PP až do 7 .NP. Konstrukce ztužujícího jádra je stěnová s vodorovnou konstrukcí obousměrně pnutou.

Vrchní stavba (1.NP – 7.NP) má hlavní nosnou svislou konstrukci řešenou pomocí těžkého dřevěného skeletu. Dřevo použité na svislou nosnou konstrukci je lepené lamelové z třídy pevnosti GL32h. Vodorovné nosné konstrukce těžkého dřevěného skeletu se liší v závislosti na variantě řešení. Jedná se buď o spráženou dřevobetonovou desku, kde nosníky jsou rovněž z lepeného lamelového dřeva a železobetonová deska z betonu C25/30 a oceli B500B, a nebo se jedná o CLT panely z třídy pevnosti dřeva C24. Obě varianty mají stejné statické působení. Jedná se o jednosměrně pnuté konstrukce. Konstrukce schodiště je řešena pomocí prefabrikovaných železobetonových desek uložených do stěn, které jsou kolem schodiště.



3.3 Spodní stavba

3.3.1 Základová půda

Budova je založena v základové půdě na základě těchto geologických profilů.

GP1

0,00 – 1,50 :	hnědá písčitojílovitá hlína s polohami škváry, stavebního odpadu (kusy cihel a beton)	F4
1,50 – 3,20 :	rezavě hnědá písčitá hlína tuhé konzistence	F4
3,20 – 9,00 :	světle hnědý slabě zahliněný štěrkopísek, valouny o velikosti do 10 cm (30-40%), písčitá frakce je středně zrnitá	S3
9,00 – 9,90 :	hnědý písčitojílovitý štěrk, valouny o velikosti od 5 cm až přes průměr jádra vrtu	G5
9,90 – 12,00 :	světle rezavě hnědý křemenec rozvrtaný na úlomky o velikosti od 1 cm až přes průměr jádra vrtu, velmi pevné, ostrohranné	R3-R2

GP2

0,00 – 2,20 :	hnědá písčitojílovitá hlína s polohami škváry, stavebního odpadu (kusy cihel a beton)	F4
2,20 – 3,50 :	světle hnědá silně písčitá hlína tuhé konzistence	F4
3,50 – 9,00 :	světle hnědý slabě zahliněný štěrkopísek, valouny o velikosti do 10 cm (20-30%), písčitá frakce je středně zrnitá	S3
9,00 – 10,50 :	hnědý písčitojílovitý štěrk, valouny o velikosti od 5 cm až přes průměr jádra vrtu	G5
10,50 – 12,00 :	světle rezavě hnědý křemenec rozvrtaný na úlomky o velikosti 2-10 cm, velmi pevné, ostrohranné	R3-R2

GP3

2,70 – 3,90 :	světle hnědý slabě zahliněný písek s ojedinělými štěrkovými valounky, středně zrnitý	S3
3,90 – 5,80 :	sut' – kameny křemence o velikosti do 20 cm, s výplní hlinitého písku místy i písčité hlíny	G3
5,80 – 9,40 :	hnědý hlinitopísčitý štěrk, valouny o velikosti 3-10 cm, s výplní hnědé hlinitého písku a písčité hlíny	G3-G4
9,40 – 12,00 :	světle rezavě hnědý křemenec rozvrtaný na úlomky o velikosti 2-10 cm, velmi pevné	R3-R2

Hladina podzemní vody se nachází v hloubce 9,7 m.



3.4 Základová konstrukce

Základová spára se nachází v zemině S3 – hlinitý štěrkopísek o parametrech:

$$\begin{aligned} \nu &= 0,3 \\ \gamma &= 18 \text{ kn/m}^3 \\ E_{\text{def}} &= 23 \text{ MPa} \\ c_{\text{ef}} &= 0 \text{ kPa} \\ \varphi_{\text{ef}} &= 31^\circ \end{aligned}$$

Základovou konstrukci administrativní budovy tvoří základová monolitická deska. Základová deska má konstantní tloušťku po celém svém půdorysu 600 mm. Základová spára se nachází v hloubce -4,400 m. Základová konstrukce je z betonu třídy C30/37 a vyztužena je ocelí B500B.

3.5 Svislé konstrukce

3.5.1 1.PP

Svislé konstrukce 1.PP jsou tvořeny kombinací stěn a sloupů. Stěny se nachází po obvodě základové desky a v místě ztužujícího jádra. Sloupy jsou rozmístěny v osových vzdálenostech 6 x 6 m. Rozmístění sloupů je patrné z výkresové dokumentace. Všechny svislé konstrukce 1.PP jsou z monolitického železobetonu třídy C30/37 a vyztuženy jsou ocelí B500B. Stěny ztužující jádra mají tloušťku 200 mm. Rovněž stěny po obvodě půdorysu mají tloušťku 200 mm. Všechny sloupy mají průřez 440/440 mm.

3.5.2 1.NP – 7.NP

Svislou konstrukci 1.NP – 7.NP tvoří převážně těžký dřevěný skelet. Většinou se jedná o skelet o třech polích s rozpětím 6 m v obou směrech. Veškeré dřevěné sloupy mají průřez 440/440 mm. Sloupy jsou složeny ze dvou průřezů. Každý průřez má rozměry 220/440 mm. Spřažení sloupů je pomocí oboustranně ozubených hmoždíků typu C10 o průměru 80 mm a svorníků o průměru 10 mm. Vzdálenost spřahovacích prostředků je 300 mm. Všechny sloupy mají spáru ve směru většího půdorysného rozměru budovy.

Těžký dřevěný skelet je ještě doplněn o ztužující železobetonové jádro, které probíhá celou výškou budovy. Systém jádra je stěnový s tloušťkou stěny 200 mm.

3.6 Vodorovné konstrukce

3.6.1 1.PP

Vodorovnou konstrukci 1.PP tvoří lokálně podepřená deska. Tloušťka desky je 240 mm. Lokálně podepřená deska je monolitická z betonu C30/37 a vyztužena je ocelí B500B.



3.6.2 1.NP – 7.NP

Varianta I – spřažená dřevobetonová deska

V této variantě je stropní konstrukce řešena pomocí dřevobetonových spřažených desek (dílců). Tato deska je složena z dřevěného průřezu 120/300 mm a železobetonové desky tl. 60 mm z betonu C25/30 a vyztužena je ocelí B500B. Převládající část panelů má půdorysné rozměry 3 x 6 m. Na každý připadají tři dřevěné nosníky. Skladba stropní konstrukce z jednotlivých panelů je patrná z výkresové dokumentace. Pro spřažení dřevěného nosníku s železobetonovou deskou byly použity spřahovací prostředky Wurth o průměru 10 mm po vzdálenosti 45 mm. Dřevobetonová deska je pomocí ocelových spojovacích prostředků upevněna do průvlaku v místě dřevěného profilu.

Varianta II – CLT panely

V této variantě je stropní konstrukce řešena pomocí CLT panelů. Materiál použitý na CLT panely je dřevo třídy pevnosti C24. CLT panel použitý pro stropní konstrukce 1.NP – 6.NP má tloušťku 250 mm a je celkem ze 7 vrstev dřeva. Panel použitý na konstrukci střechy má tloušťku 180 mm a je celkem z 5 vrstev. Převládající část panelů má půdorysné rozměry 3 x 6 m. CLT panely jsou uloženy na horní líc dřevěného průvlaku a zajištěny proti posunutí pomocí vrutů.

Obě stropní varianty jsou podporovány průvlaky rovněž z lepeného lamelového dřeva třídy pevnosti GL32h. Průřez průvlaku je obdélníkový o rozměrech 260/600 mm.

3.7 Zajištění prostorové tuhosti objektu

Prostorová tuhost je zajištěna díky ztužení objektu. Ztužení objektu zajišťuje jednak železobetonové jádro uvnitř dispozice objektu a dále diagonální ztužidlo na kraji dispozice budovy. Diagonální ztužidlo má tvar písmene “V”. Toto ztužidlo je rovněž z lepeného lamelového dřeva třídy pevnosti GL32h. Průřez ztužidla je 200/200 mm. Dřevěné ztužidlo je umístěno v každém nadzemním patře. Připojení k ostatním konstrukcím je pomocí ocelových plechů a svorníků.

3.8 Spoje

Stropnice dřevobetonové spřažené desky 120/300 mm jsou k průvlakům připojeny díky svorníkům a vkládaným plechům, které jsou vloženy do vyfrézované drážky v polovině šířky průřezu stropnice. Přípoj do průvlaků pak rovněž probíhá pomocí svorníků a ocelových plechů. Přesné rozměry spojovacích prostředků, plechů, jejich rozmístění a dimenze viz. *Statická část a Výkresová dokumentace*.



Průvlaky jsou na sloupy připojeny rovněž pomocí vloženého plechu a svorníků. Tento vložený plech je pak dále přivařen na ocelovou desku, která je umístěna na hlavě sloupu. Obdobným způsobem je připojené i diagonální ztužidlo.

Kloubové uložení sloupu 1.NP je řešeno pomocí čepového přípoje. Čep pro kloubové uložení sloupu má průměr 130 mm. Pro spojení jednotlivých sloupů je využito opět čepového přípoje. Aby bylo zajištěno vetknutí, se kterým je počítáno i ve výpočetním modelu, jsou navrženy 4 čepy o průměru 50 mm.

CLT panely jsou volně položeny na horní líc průvlaků a zajištěny proti posunu vruty.

3.9 Vertikální komunikace

Vertikální komunikaci v objektu zajišťuje tříramenné železobetonové schodiště uvnitř železobetonového jádra. Železobetonové schodiště bude prefabrikované. Od navazujících konstrukcí bude odděleno pomocí prvků zvukové izolace firmy Halfen. Další schodiště, které je umístěno mimo dispozici objektu, slouží pro evakuaci osob během požáru. Toto schodiště bude z oceli a bude mít takové konstrukční opatření, aby mohlo svoji funkci plnit celoročně. Dále je v objektu instalován výtah, který je rovněž v železobetonovém jádře.

3.10 Materiály použité na nosné konstrukce

3.10.1 Varianta I – dřevobetonová spřažená deska

3.10.1.1 Dřevěné konstrukce

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------|
| ○ Sloupy skeletu | lepené lamelové dřevo GL32h |
| ○ Průvlaky | lepené lamelové dřevo GL32h |
| ○ Stropnice dřevobetonové desky | lepené lamelové dřevo GL32h |
| ○ Ztužidlo | lepené lamelové dřevo GL32h |

3.10.1.2 Železobetonové konstrukce

- | | |
|--------------------------------|--|
| ○ Sloupy 1.PP | beton C30/37-XC1-CI 0,3-D _{max} 16-S3
ocel B500B |
| ○ Ztužující jádro | beton C30/37-XC1-CI 0,3-D _{max} 16-S3
ocel B500B |
| ○ Suterénní stěny | beton C30/37-XC2-CI 0,3-D _{max} 16-S3
ocel B500B |
| ○ Základová deska | beton C30/37-XC2-CI 0,3-D _{max} 16-S3
ocel B500B |
| ○ Spřažená dřevobetonová deska | beton C25/30-XC1-CI 0,3-D _{max} 16-S3
Ocel B500B |

3.10.1.3 Spojovací prostředky

- | | |
|------------------|------------------------|
| ○ Ocelové plechy | S235 J2 AR, S355 J2 AR |
| ○ Svorníky, čepy | 8.8 |



3.10.2 Varianta II – CLT panely

Pro variantu II jsou použité materiály totožné jako pro variantu I.

3.11 Zatížení

3.11.1 Stálé zatížení

V rámci návrhu a posouzení konstrukce je vlastní tíha definovaná ve výpočetním programu a také pro hrubé ověření výsledků z programu stanovena ručně. Ostatní stálá zatížení, jako je zatížení od skladby podlahy, skladby střechy, příček a obvodového pláště, jsou stanovena ručním výpočtem a zadána do výpočetního programu. Zatížení od skladby podlahy, střechy a příček je zavedeno jako plošné zatížení. Zatížení od obvodového pláště je zadáno jako liniové na obvodové průvlaky.

Součinitel zatížení je v souladu s ČSN EN 1991 uvažován $\gamma_g = 1,35$.

3.11.2 Proměnné zatížení - užité

Užité zatížení je uvažováno jako plošné zatížení na stropní, popřípadě střešní vodorovnou konstrukci. Užité zatížení je uvažováno těmito charakteristickými hodnotami:

- B – kancelářské plochy 3,0 kN/m²
- H – střechy nepřístupné 1,0 kN/m²

Součinitel zatížení je v souladu s ČSN EN 1991 uvažován $\gamma_q = 1,5$.

3.11.3 Proměnné zatížení – sněh

Objekt se nachází podle klasifikace ČSN 1991-1-3 „Zatížení konstrukcí – zatížení sněhem“ v I. sněhové oblasti, pro kterou platí charakteristická hodnota zatížení $s_k = 0,7$ kN/m². Součinitel zatížení je v souladu s ČSN EN 1991 uvažován $\gamma_q = 1,5$.

3.11.4 Proměnné zatížení - vítr

Objekt se nachází podle klasifikace ČSN 1991-1-4 „Zatížení konstrukcí – zatížení větrem“ v II. větrné oblasti, pro kterou platí charakteristická hodnota zatížení $v_{b,0} = 25$ m/s. Součinitel zatížení je v souladu s ČSN EN 1991 uvažován $\gamma_q = 1,5$.

3.11.5 Dynamické zatížení

V objektu nebude instalováno žádné technologické zařízení, které by na nosnou konstrukci vyvozovalo dynamické účinky.

3.11.6 Zatížení teplotou

Z hlediska teplotního namáhání vnitřních konstrukcí se vzhledem k charakteru uvažovaného provozu neuvažuje zvýšená či snížená teplota vnitřního prostředí, která by svými hodnotami vedla k nutnosti výpočtu s uvažováním zatížení konstrukcí teplotou.



3.12 Obvodový plášť, příčky, skladba podlahy a střechy

3.12.1 Obvodový plášť

Obvodový plášť je řešen pomocí lehkého obvodového pláště Envilop, případně Envilop Fire.

3.12.2 Příčky

Příčky navržené v objektu administrativní budovy jsou dvojité opláštěné příčky KNAUF RED 2x12,5 s izolací tloušťky 50 mm.

3.12.3 Skladby podlah

Ve statickém výpočtu je uvažována nejtěžší varianta skladby podlah.

Skladba podlahy je následující:

- Keramická dlažba + lepidlo
- 2xOSB Superfinish
- Izolace Steprock HD
- Stropní konstrukce
- Podhled

Podhled je navržen od firmy KNAUF. Konstrukci podhledu tvoří montážní profily CD a na ně připevněné sádkartonové desky Knauf Fireboard tloušťky 15 mm.

Podhled se objevuje pouze u varianty řešení I.

3.12.4 Skladba střechy

Ve statickém výpočtu je uvažována tato skladba střechy:

- Hydroizolace Fatrafol 810
- Geotextílie
- Tepelná izolace
- Spádové klíny z tepelné izolace
- Parozábrana z asfaltových pásů
- Střešní konstrukce
- Podhled

Podhled se objevuje pouze u varianty řešení I.



4. Montážní postup těžkého dřevěného skeletu

1.etapa – osazení sloupů těžkého dřevěného skeletu v 1.NP

Po zhotovení nosných konstrukcí 1.PP započne osazování sloupů 1.NP. Konstrukce 1.PP musí mít v době osazování již dostatečnou pevnost. Do železobetonové konstrukce 1.PP musejí být před betonáží umístěny šrouby M20 pro připevnění čepového přípoje sloupu 1.NP. Čepový přípoj bude celý připevněn k patě sloupu a na stavbě bude osazen na nosnou konstrukci 1.PP. Pomocí zvedací techniky bude sloup zvednut do vertikální polohy a pod roznášecí plechovou deskou bude provedeno podlití. Následně budou dotaženy upevňovací šrouby. V rámci výstavby skeletu bude zapotřebí zajistit dočasné ztužení, případně zahájit montáž od železobetonového jádra.

2.etapa – osazení průvlaků a ztužidel

Po zhotovení osazení sloupů 1.NP budou osazeny průvlaky a diagonální ztužidla. Spojení průvlaků se sloupem proběhne pomocí vkládaných plechů do předem vyfrézovaných drážek v dřevěných profilech. Po osazení vkládaných plechů do sloupů se pomocí zvedací techniky z vrchu nasune do vyfrézované drážky v průvlaku ocelový vkládaný plech, který již bude osazen v hlavě sloupu. Poté budou do předem vyvrtaných otvorů v průvlaku a vkládaném plechu osazeny svorníky. Stejný postup se použije i na připojení diagonálního ztužidla. Vkládaných plech do sloupů je přivařený na roznášecí plechovou desku, na které musí být osazeny spodní části čepových přípoju sloupů dalšího následujícího podlaží.

3.etapa – montáž stropní konstrukce

Varianta I

Na průvlaky bude předem osazen plech ve tvaru „T“ a připojen bude pomocí svorníků. Spojení stropní konstrukce a průvlaku bude v místě stropnic dřevobetonového panelu. Pomocí zvedací techniky bude celý panel umístěn na místo dle výkresu skladby. V profilu stropnice je opět vyfrézovaná drážka, do které přijde zasunout plech, který je osazen v profilu průvlaku. Po osazení budou vloženy do předem vyvrtaných otvorů svorníky.

Varianta II

CLT panely budou položeny na průvlaky. Po jejich položení budou v místě uložení spojeny s průvlaky pomocí vrutů.

4.etapa – montáž sloupu následujícího podlaží

Z předchozí etapy již budou osazeny spodní části čepových přípoju sloupu. Pomocí zvedací techniky bude sloup zvednut do vertikální polohy. Na patě sloupu bude připevněná pouze horní část čepového přípoje. Po zasunutí horní části čepového přípoje, která je připevněná na spodní části sloupu následujícího podlaží, do spodní části čepového přípoje, budou osazeny čepy.



5. Závěr

V této diplomové práci jsem se věnoval především statickému návrhu nosné konstrukce administrativní budovy. Jednalo se o návrh a posouzení nosných prvků těžkého dřevěného skeletu, stropní konstrukce a vybraných spojů. Dále byl proveden možný návrh založení objektu. Návrh konstrukce administrativní budovy byl proveden ve dvou variantách. Ve variantě I je stropní konstrukce řešena pomocí dřevobetonové spřažené desky. Ve variantě II je stropní konstrukce řešena pomocí CLT panelů.

Výpočty vnitřních sil byly provedeny jak ručním způsobem, tak za pomoci výpočetního programu Scia Engineer 16.1. Ruční výpočty byly použity především jako kontrola výsledků z výpočetního programu, abych se přesvědčil o správnosti konstrukce modelu. Pro návrh spojů těžkého dřevěného skeletu jsem využil pouze výsledků z výpočetního programu. Podrobný návrh prvků těžkého dřevěného skeletu jsem provedl pouze pro variantu I. Rovněž i podrobnější návrh založení objektu jsem provedl pouze pro variantu I. Důvodem bylo především větší zatížení vlastní tíhou ve variantě I. Z toho usuzuji, že by prvky nosné konstrukce měly stejné rozměry. Usuzuji, že i dimenze spojů by byla stejná. To nakonec potvrdil i výpočetní model s CLT panely. Maximálně by se mohl změnit např. počet svorníků, či jejich průměr, průměr čepu apod. Zatížení větrem bylo pro obě varianty uvažováno stejné, i když je nosná konstrukce ve variantě II o něco málo vyšší.

Hlavní problém, se kterým se bylo potřeba v diplomové práci vyrovnat, byl, že administrativní budova má celkem 7.NP. To není pro naši republiku úplně standardní záležitost a v současné době toto řešení není možné v rámci platných norem. Fakt výšky budovy se projevil ve vnitřních silách, kterými jsou prvky dřevěné konstrukce namáhány. Hlavní problém nastal v návrhu a posouzení spojů. Některé detaily jsem vyřešil standardními způsoby, které se běžně používají pro dřevěné konstrukce. U detailu napojení, průvlaků, ztužidla a sloupu už tyto standardní způsoby nebylo možné provést.

Při výpočtech vnitřních sil dřevobetonové spřažené konstrukce se ukázal rozdíl mezi ručním výpočtem a výpočtem ve výpočetním programu. Ruční výpočet proběhl na prostém nosníku a z něho jsem dostal pouze jednu posouvající sílu a jeden ohybový moment. Z výpočetního programu jsem získal všechny typy vnitřních sil. Tady se ukazuje spolupůsobení s dalšími prvky konstrukce a také se zde projevuje působení vodorovného zatížení v podobě větru. I pro další prvky konstrukce, které jsem počítal jen jako prosté nosníky se zatížením kolmo na střednici, bylo toto stejné.

Pro výpočet CLT panelů jsem použil program CLT designer. Následně jsem hodnoty z tohoto programu ověřil ještě ručním výpočtem. V MSÚ jsem dosáhl naprosto stejných výsledků. V MSP jsem se ručním výpočtem dostal na nižší hodnoty průhybů. Shoda výsledků v MSP se pohybuje okolo 90 %. Posouzení nosných konstrukcí a spojů jsem provedl pro nejvíce nepříznivější kombinace zatížení.



Jedním z hlavních cílů práce bylo prokázání dostatečné prostorové tuhosti. Lze konstatovat, že na základě provedené analýzy a stanovení maximálního vodorovného posunutí konstrukce je prostorová tuhost dostačující, a tedy vyhovující.

Výpočet vnitřních sil a posunu základové konstrukce byl rovněž proveden v programu Scia Engineer 16.1. Dimenzační momenty v rámci prvního mezního stavu byly stanoveny na základě obálky kombinací zatěžovacích stavů. Na tyto momenty byla navržena a posouzena hlavní nosná ohybová výztuž základové desky. Dále bylo ověřeno protlačení sloupu skrz základovou desku. Na obálku kombinací zatěžovacích stavů v rámci druhého mezního stavu jsem ověřil sedání konstrukce.

Dále jsem se v práci zabýval konceptem požárně bezpečnostního řešení stavby. Z konceptu je asi nejdůležitější informace o nutné požární odolnosti konstrukce. Ta byla stanovena na 90 minut. Na požární odolnost R90 byly navrženy hlavní nosné konstrukce těžkého dřevěného skeletu. Cílem bylo, aby konstrukce z lepeného lamelového dřeva byly viditelné a v interiéru vynikl jejich přírodní vzhled. Tudíž budou plně vystaveny účinkům požáru. To samé platí i o CLT panelech. Výpočtem jsem ověřil, že navržené průřezy vyhoví i v případě požáru.

Výpočty a posouzení, které nebyly provedeny ve výpočetních programech, jsem provedl v programu Microsoft Excel 2013. To bylo velmi výhodné vzhledem k časté úpravě vstupních parametrů, průřezů, vnitřních sil apod. Tento způsob řešení mně ušetřil hodně času. Výkresovou dokumentaci jsem zpracoval v programu Autocad 2017.

Díky této práci jsem si o velký kus rozšířil znalosti v oblasti především dřevěných konstrukcí. Zcela nová pro mě byla technologie CLT panelů. Konstrukce z těchto panelů jsou velmi vzhledné a myslím, že tyto konstrukce budou postupně nabývat většího významu ve stavebnictví. Tato práce mě dále donutila přemýšlet o nestandardních způsobech řešení především v oblasti detailů spojení dřevěných prvků. Šlo především o použití již známých věcí v nestandardním měřítku.



6. Seznam použitých zdrojů

Normy

ČSN EN 1990 *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí včetně jejich příloh A až D*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004.

ČSN EN 1991-1-1 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004.

ČSN EN 1991-1-2 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-2: Obecná zatížení – Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004.

ČSN EN 1991-1-2 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.

ČSN EN 1991-1-2 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2007

ČSN EN 1992-1-1 *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1 - 1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006.

ČSN EN 1992-1-1 *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1 - 1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006.

ČSN EN 1992-1-1 *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1 - 2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006.

ČSN EN 1992-1-1 *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1 - 2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006.

ČSN EN 1992-1-1 *Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006.



Literatura

KUKLÍK, Petr.: *Příručka 2 - Navrhování dřevěných konstrukcí podle Eurokódu 5.*, 1. vydání, Leonardo da Vinci, 2008

POKORNÝ, Marek.: *Požární bezpečnost staveb – Sylabus pro praktickou výuku*. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2015

SOKOL, Zdeněk., Wald, František.: *Ocelové konstrukce – Tabulky*. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2013

Zoufal, Roman.: *Hodnoty požární odolnosti stavebních konstrukcí podle Eurokódu*. Praha: Pavus a.s., Centrum technické normalizace pro požární ochranu, 2009

Vysokoškolské práce

PROKSA, Dávid.: *Optimalizácia spriahnutia v drevobetónových konštrukcií*. Bratislava, 2013. Dizertační práce. Slovenská technická univerzita v Bratislavě, Stavební fakulta.

Mikeš, Karel.: *Styčníky dřevěných konstrukcí s vlepanými závitovými tyčemi*. Praha 2001. Dizertační práce. České vysoké učení technické v Praze, Stavební fakulta.

Webové stránky

D 11 Sádrokartonové stropy Knauf [online]. KNAUF Praha s.r.o., 2009 [cit. 03.04.2018]. Dostupné z: <http://www.knauf.cz/file/1760-d-11.pdf>

AB Macháčeková – Pronájem administrativní budovy Plzeň [online]. 2012 [cit. 20.2.2018]. Dostupné z: <https://www.abmachackova.cz/>

HEJTMÁNEK, Petr, VOLF, Martin, BUREŠ, Michal, TYWONIAK, Jan. : *Lehký obvodový plášť „ENVILOP” se zlepšenými požárními a akustickými vlastnostmi* [online], UCEEB, ČVUT, 2015, [cit. 28.2.2018].
Dostupné z: http://www.uceeb.cz/system/files/souboryredakce/hejtmanek_lehky_obvodovy_plast_envilop.pdf



7. Použité programy

Autodesk spol. s.r.o.: *Autodesk Autocad 2017 – Studentská verze*, [software]

SCIA CZ spol. s.r.o.: *Scia Engineer 16.1 – Studentská verze*, [software]

holz.bau forschungs gmbh: *CLT designer*, [software]

Microsoft spol. s.r.o.: *Microsoft Office Excel 2016*, [software]

Microsoft spol. s.r.o.: *Microsoft Office Word 2016*, [software]

8. Seznam použitých zkratek a symbolů

PP	podzemní podlaží
NP	nadzemní podlaží
GP	geologický profil
ν	Poissonův součinitel
β	součinitel pružného přetvoření
γ	objemová tíha zeminy
E_{def}	deformační modul zeminy
c_{ef}	efektivní soudržnost
φ_{ef}	efektivní úhel vnitřního tření zeminy
CLT	cross laminated timber, křížem vrstvené dřevo
MSÚ	mezní stav únosnosti
MSP	mezní stav použitelnosti



9. Seznam příloh

Příloha A – Statický výpočet těžkého dřevěného skeletu

Příloha B – Návrh založení objektu na základové desce

Příloha C – Zpráva o možném konceptu požárně bezpečnostního řešení

Příloha D – Výkresová dokumentace:

- 1.01 Konstrukční půdorys 1.NP – varianta I
- 1.02 Konstrukční řez A-A' - varianta I
- 1.03 Konstrukční řez 1-1' - varianta I
- 1.04 Skladba stropní konstrukce nad 1.NP – varianta I
- 1.05 Konstrukční půdorys 1.NP – varianta II
- 1.06 Konstrukční řez A-A' - varianta II
- 1.07 Konstrukční řez 1-1' - varianta II
- 1.08 Skladba stropní konstrukce nad 1.NP – varianta II
- 1.09 Tvar dřevobetonové spřažené desky D2 – varianta I
- 1.10 Detail kloubového uložení sloupu 1.NP – varianta I
- 1.11 Detail připojení průvlaků, sloupu – varianta I
- 1.12 Detail připojení průvlaků, ztužidla, sloupu – varianta I